

## УДК 620.3

*О.К. Доценко, студент гр. ПБ-81мп, к.т.н. Стельмах Н.В.*

КПІ ім. Ігоря Сікорського

# МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДТРИМОК ВИСТУПАЮЧИХ ЧАСТИН НАДРУКОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ

*Анотація: В роботі розглянуто основні можливості варіантів створення елементів підтримок для друку складних моделей на 3D принтері від конструкції підтримок до матеріалу, якщо той відрізняється.*

**Ключові слова:** 3D-друк, елементи підтримок, точкові підтримки, стільникові підтримки, стержневі підтримки.

## ВСТУП

Завдяки широкому розвитку технологій, з'явилася можливість надрукувати тривимірну модель деталі на 3D принтері. Він дозволяє друкувати конструкції складної форми, з порожнинами, з шарнірними кріпленнями за один цикл друку. Для створення елементів деталі, які помітно виступають або нависають над основною частиною конструкції використовують елементи підтримки які служать тимчасовим фундаментом для друкованого виробу.

Переваги використання елементів підтримки:

- можливість друк більш складні об'єкти (ніж без підтримки);
- висока точність і стабільність побудови складних і дрібних елементів (не дозволяє їм "роз'їжджатися" деформуватися під вагою наступних шарів);
- значне скорочення обмежень для CAD файлу (нахили, товщини стінок, кути, порожнини і т.д.).

## ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ПІДТРИМКИ

Елементи підтримки поділяється на 4 групи: які руйнуються, легкоплавкі, розчинні, порошкові. Використання кожного із цих типів виконується в залежності від наявного обладнання та конструкційної складності деталі.

Легкоплавкі матеріали мають невисоку температуру плавлення, що дозволяє видалити підставку з зони її знаходження шляхом нагріву деталі в печі або спеціальним феном підігрівши до 60-100 градусів. Перевагою даного методу є гарна якість отримання друку після видалення елементів підтримок, можливість повторного використання після повного затвердіння, повністю видаляється із зони нанесення. Недоліком являється невеликий діапазон матеріалу для друку, який має середні температури плавлення (150-220°)

Порошкоподібні - використовуються при створенні тривимірних об'єктів методом порошкового друку. У цій ситуації порошок служить одночасно формою і елементом підтримки матеріалу. Суть методу в тому, що в загальній порошковій масі по заданому кресленню створюються контури моделі, а частинки, що залишилися служать каркасом. Після закінчення процесу вироб виймається з порошку, залишки якого можуть бути використані для друку наступних моделей. Порошкоподібний тип підтримки допомагає друкувати вироби будь-якого ступеня складності. Після закінчення процесу друку, надлишки порошку просто очищаються пензлем або видувуються.[1]

При використанні розчинних підтримок потрібно знати властивість пластику, з якої буде виготовлена основна деталь. Це спричинено тим, що деякі пластики мають підвищену можливість утримання вологи, а інші - можуть деформуватися під час друку при великій кількості вологи в повітрі. Видалення підтримок відбувається шляхом замочування друкованої конструкції у теплу воду на 20-24 години. Це спричинить повне розчинення елементів підтримок у воді. Розм'якшення пластику відбувається уже через 4-5 годин від початку замочування. [5]

Елементи підтримки з матеріалу, який виламують в основному використовуються в FDM і SLS технологіях. Найбільш доступним варіантом є використання того ж матеріалу, з якого створюється модель. У цьому випадку після завершення друку необхідно механічно видалити елемент підтримки, після чого відшліфувати місце зламу.

Другий варіант - використання більш тендітного матеріалу або матеріалу, який має низьке зчеплення з основним. Наприклад, принтери з двома екструдерами можуть використовувати в якості матеріалу підтримки PVA, HIPS або PLA-пластики, а в якості основних - ABS, PLA і т.д. (Існують також ідеальні пари: ABS-HIPS і PLA-PVA). [6]

### **КЛАСИФІКАЦІЯ ЗЛАМНИХ ПІДТРИМОК**

Основна маса принтерів для домашнього користування використовує підтримки які руйнуються. Це зумовлено конструкцією принтера, яка унеможливорює використання інших методів створення підтримок.

Підтримки, в більшості випадків, створюються програмним забезпеченням принтера і показуються користувачеві як готовий варіант. Але при складних конфігураціях моделі або при невеликих габаритах, ефективність даних підтримок мала, а кількість використаного матеріалу надто велика. Тому виконується редагування даних підтримок для покращення основних технічних властивостей надрукованої моделі. [3]

Одним із найкращих видів підтримок є точковий метод створення елементів підтримок. Він є оптимальним для форм із великою кількістю відхилень від основної конструкції деталі, які знаходяться відносно на невеликій відстані від столу. Для їх створення використовується стандартне ПЗ (таке як MeshMixer), у якому є можливість вибрати варіанти підтримок.

Переваги точкових (дерезовидних) підтримок:

1. Повний контроль над процесом створення підтримок;
2. Простота очищення моделі;
3. Незначні сліди. При вдалому налаштуванні зовсім відсутні;
4. Економія пластику в певних випадках;
5. Не потребує використання підкладки;

Недоліки дерезовидних підтримок:

1. Імовірність поломки підтримки порівняно висока;
2. Необхідні навички зі створення підтримок (завдання, які друкуються вперше, не залишати без нагляду. Так можна зекономити пластик на невдалих результатах);

3. Підтримка горизонтальних площин вимагає великої кількості точок опори, що може звести нанівець економію на пластику;

Основні аспекти при використанні даної підтримки:

1. За матеріалом: PLA підтримка за сукупністю всіх інших факторів покаже більш якісний результат, ніж у випадку з ABS. Завдяки властивостям цього пластика, падіння «своєї міцності» матеріалу між шарами компенсується гнучкістю. Але якщо зробити підтримки занадто товстими, вони зламаються гарантовано. Також PLA властива тягучість, завдяки чому деталь огортається тонкою павутиною таких ниток, і раніше втрачена підтримка може вирости далі з моменту зламу, спираючись на ці волокна від сусідніх підтримок.

2. По висоті підтримок: Чим більше висота, тим більше ефект від деревовидної підтримки можна отримати. Від 6 мм ефект зростає від «нічого» по наростаючій залежності.

Після висоти 35 мм генеровані підтримки краще посилити самотійно в самій же програмі додатковими стовбурами.

3. За ухилу від вертикалі: Чим менше кут (тобто менше звисання), тим ефект більше. А у випадку з горизонтальними (наприклад, стелями) деревовидні точкові підтримки поступаються «лінійно підтримуючим» (стандартним підтримкам), так як будувати «містки» принтер воліє між двома лініями, а не групою точок підтримок.

4. За деталізації поверхні: Точкова, вона ж деревоподібна підтримка краща для великої кількості деталей (пальці рук, фрейми, сітки).

5. За пропорціям: Відношення висоти до ширини і площини підстави. Точкова деревоподібна підтримка краща у випадках переважання висоти.

Найбільш бюджетний і найменш зручний варіант створення підтримки при друку тривимірних об'єктів є стержневі підтримки. Використовуються зазвичай в 3D-принтерах домашнього типу або в дешевих настільних моделях, що працюють за принципом пошарового моделювання виробів пластиком (найчастіше це ABS і PLA-пластик). Як матеріал підтримки зазвичай використовується той же, з якого створюється модель, тільки більш розбавлений, щоб знизити витрату сировини. Після закінчення роботи підтримуючий каркас віддаляється вручну, а місця зламу зачищаються і шліфуються.

Принцип їх побудови є створення так званих стержнів, які будуть підтримувати виступаючі частини конструкції. Це зручно при малій відстані виступаючої частини від поверхні столу, що дасть змогу використати не надто багато матеріалу при відносно великій площині контакту підтримки та деталі.

Недоліками цього методу є велика кількість контактуючих зон підтримки та деталі, що негативно вплине на поверхневу шорсткість деталі та загальний час її виготовлення, що збільшиться за рахунок часу, витраченого на видалення підтримок та шліфування поверхності.

Удосконаленим методом побудови стержневих підтримок є стільникові підтримки. Різниця полягає у конструкції підтримки, яка має форму бджолиних стільників. Це дає змогу економити кількість використаного матеріалу на

побудову підтримки, але в свою чергу збільшує час на будівництво самої підтримки. Перевагою також є зручна форма контакту безпосередньо з поверхнею деталі, що дає змогу видаляти підтримку без залишкових зусиль та виконуючи видалення кромки стільника в один рух.

Недоліком методу є неможливість зменшення кількості стільників. Це призводить до великої кількості будівництва підтримок, але при використанні для невеликої площі контакту, можливо зменшення нижньої та середньої частини підтримки та нарощення їх при зоні контакту.[2]

## **ВИСНОВКИ**

Використання різних методів моделювання підтримок зумовлюється конструкцією деталі. При великій кількості відхилень і відносно великій відстані їх від столу доцільніше використати деревовидний тип підтримок. Для малих та відносно нескладних деталей можливе використання стержневих або стільникових підтримок. Але їх використання потрібно виконувати під наглядом і з відносно великим часом друку, що дасть змогу якісно надрукувати відхилені частини деталі без поплавлення поверхні матеріалу та скручування кромки.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. Кудрявцев Я. Материалы поддержки в 3D-печати [Електронний ресурс] / Ярослав Кудрявцев. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://daloto.ru/obzory/materialy-podderzhki-v-3d-pechati>
2. Grigory S. Tymchik, Nataliia V. Stelmakh, Anatoliy S. Vasyura, Waldemar Wójcik, Kuanysh Muslimov, "Automated generation of the design solution of the assembly in instrument engineering," Proc. SPIE 10808, 1080828 (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501560
3. Using 3D printing for getting composite prototypes/Ihor Mastenko, Roman Mastenko, Nataliia Stelmakh// XX Międzynarodowej Studenckiej Sesji Naukowej «Materiały i Technologie XXI wiek».-2018-p.13-14. Режим доступу: [http://lightweight.pl/wp-content/uploads/2018/10/Lightweight\\_special\\_issue.pdf](http://lightweight.pl/wp-content/uploads/2018/10/Lightweight_special_issue.pdf)
4. Все о 3D-печати // 3D Industry. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.3dindustry.ru/faq/#technologies>
5. 3DFuel выпускает водорастворимую нить – легкий в удалении материал поддержки [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://3dtoday.ru/blogs/3dvision-su/3dfuel-produces-a-watersoluble-thread-easytoremove-support-material/>.
6. Что такое материал поддержки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://3d.globatek.ru/world3d/support\\_material/](http://3d.globatek.ru/world3d/support_material/).
7. Андрощук Г.О. 3D-друк в епоху інноваційних технологій: проблеми регулювання / Г.О. Андрощук, Я.В. Копил // Інтелектуальна власність в Україні. — 2016. — № 5. — С. 17–26

***Науковий керівник – к.т.н., доцент Стельмах Н.В.***